

PENURUNAN KONSENTRASI DETERGENT PADA LIMBAH INDUSTRY LAUNDRY DENGAN METODE PENGENDAPAN MENGUNAKAN $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Elly Kurniati,

Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN "Veteran" Jatim
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294

ABSTRAK

Pemakaian detergent semakin meningkat dengan pesat sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk dan industri. Dampak yang ditimbulkan bila air buangan yang mengandung detergent dibuang ke perairan adalah terjadinya pencemaran dan mengganggu ekosistem biotayang terdapat di perairan. Kadar detergent dalam suatu limbah yang boleh dibuang ke lingkungan memiliki batasan – batasan tertentu. Berdasarkan keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No 136 Tahun 1994, baku mutu limbah cair untuk industri sabun / detergent adalah maksimal 30 mg/L yang boleh dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan adanya suatu pengolahan sebelum limbah dibuang.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam menurunkan konsentrasi detergent pada limbah laundry.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengendapan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dengan cara sebagai berikut : sampel sebanyak 500 ml dimasukkan dalam beaker glass, lalu ditempatkan dalam jar test. Lakukan pengukuran pH dan suhu sebelum proses dilakukan. Pada masing – masing sampel dalam beaker glass diberi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang telah dibuat dari CaO sebanyak 3, 6, 9, 12, dan 15 gr dengan ditambahkan H_2O sesuai perhitungan. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 80 rpm selama 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Setelah pengadukan, campuran dimasukkan kedalam kerucut inhoff untuk diukur jumlah endapannya. Lakukan pemeriksaan akhir terhadap pH, kadar detergent, dan suhunya.

Dari penelitian ini diperoleh hasil terbaik yaitu pada waktu pengadukan 45 menit dengan kecepatan pengadukan 80 rpm didapat % penurunan kadar detergent sebesar 98,03%.

PENDAHULUAN

Selama ini di Indonesia belum banyak upaya untuk menangani masalah pencemaran air yang disebabkan oleh detergent. Di negara – negara maju upaya yang telah dilakukan adalah dengan mengganti rantai bercabang dari ABS (Alkyl Benzen Sulfonat) menjadi rantai rulus LAS (Linier Alkyl Sulfonat) yang dapat dibiodegradasi.

Metode pengolahan yang umum digunakan untuk menurunkan detergent adalah dengan adsorpsi (Dagremont, 1979). Kelemahan metode ini adalah seringkali adsorban cepat menjadi jenuh oleh mineral atau unsur lain yang terdapat dalam air baku.

Pada penelitian sebelumnya oleh Aziz Susanto dan JB Widiadi (2001) telah dilakukan penurunan konsentrasi surfaktan dengan metode pengendapan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Pada penelitian tersebut terlihat bahwa senyawa HDBS (Hydrogen Deodecyl Benzen Sulfonat) bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan logam alkali tanah, membentuk endapan garam $\text{Ca}(\text{DBS})_2$.

Untuk mengetahui kemampuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam penurunan konsentrasi detergent pada limbah laundry.

TEORI UMUM

1. Detergent

Detergent didefinisikan sebagai produk pencuci atau pembersih yang mengandung sejumlah komponen adalah surfaktan yang mempunyai sifat mampu menghilangkan kotoran dengan proses fisik – kimia dari unsur – unsur penyusunnya terhadap kotoran. Secara garis besar proses pembersihan oleh detergent, dibagi menjadi dua yaitu :

1. Larutan detergent berkontak dengan permukaan yang dicuci, proses ini disebut "wetting".
2. Penghilangan kotoran pada bagian – bagian permukaan dalam proses cair, proses ini disebut "emulsifikasi".

Unsur yang dipergunakan untuk kedua proses diatas adalah suatu zat yang mempunyai sifat aktif permukaan atau disebut surfaktan (Surface Active Agent). (Kirk Othmer, 1982)

Formulasi detergent sangat tergantung pada maksud penggunaannya. Perbedaanannya

pada jenis surfaktan dan zat tambahan yang dicampurkan. Menurut Respati (1980), detergent yang dijual sebagai powder kira – kira mengandung 40 % bahan yang aktif sedangkan sisanya merupakan builders yaitu bahan yang dapat menambah sifat “detergency” atau pembersih.

Malik dan Dhingra (1975) menyatakan bahwa secara umum detergent builders dapat dibagi menjadi 5 golongan, antara lain :

1. Fosfat.
2. Silikat.
3. Karbonat.
4. Bahan pelepas oksigen.
5. Bahan tambahan lainnya.

A. Fosfat

Fosfat terdiri dari dua kelas, yaitu :

1. Orthophospat
Terdiri dari natrium diphospat, natrium triphospat.
2. Condensed fospat atau fospat kompleks
Terdiri dari natrium hexametaphospat, natrium tetra pyrophospat, natrium tripoliphospat, natrium tetraphospat.

B. Silikat

Silikat berfungsi untuk :

1. Menghalangi korosi pada stainless steel dan aluminium.
2. Mengendapkan kotoran dalam larutan dan dapat melindungi pakaian dari redeposisi.
3. Mengemulsi beberapa bahan seperti gelas dan kaca sehingga dapat digunakan sebagai bahan pencuci piring.

C. Karbonat

Terdiri dari natrium karbonat atau soda abu, natrium bikarbonat, natrium sesqui karbonat, kalsium karbonat.

D. Bahan pelepas oksigen

Bahan pelepas oksigen yang ditambahkan dalam detergent bubuk yaitu natrium perborat. Bahan ini ditambahkan karena dapat menambah karakteristik alkalinitas dan buffer dari detergent.

E. Bahan tambahan lainnya

Menurut Davidshon dan Milwidsky (1978) bahan tambahan lain tersebut terdiri dari :

1. Sequestering atau Chelating Agent

Merupakan zat pelunak air yang bila digabung dengan ion logam termasuk garam Ca atau Mg yang berada dalam air sadah akan membentuk senyawa kompleks yang dapat larut. Contohnya natrium tri poliphospat.

2. Zat pengembang serabut

Merupakan zat yang mampu mengembungkan serabu – serabu kain untuk membantu proses pembersihan.

3. Zat yang dapat meningkatkan sifat aktif permukaan

Merupakan senyawa yang dapat meningkatkan sifat aktif detergent yang bersifat anionik. Contohnya natrium karbonat.

4. Zat inhibitor

Zat inhibitor ditambahkan pada detergent dengan maksud untuk mencegah terjadinya proses korosi atau penggoresan terhadap benda yang dibersihkan. Contohnya kromat, silikat dan gelatin.

5. Florescent Brightening Agent atau Optical Brightening

Merupakan za – zat yang mampu meningkatkan kualitas dari kain atau benda yang dicuci, seperti zat yang mampu memutihkan kain yang sudah kusam kekuning – kuning atau zat yang mampu mencermelangkan warna pada kainnya. Contohnya diamino etil benzene dan benzidine dazole benzokoumarin.

6. Zat penstabil busa

Merupakan zat yang bersifat untuk menstabilkan busa sehingga dapat meningkatkan daya bersih detergent. Contohnya trialkyl melamin dan monokloro dialkyl amino.

7. Zat anti redeposisi

Zat anti redeposisi berfungsi untuk mempertahankan kotoran tersuspensi dalam air cucian setelah penghilangan kotoran dari bahan yang dicuci sehingga kotoran tidak kembali lagi menempel pada bahan yang dicuci. Senyawa yang sering digunakan adalah Carboxyl methyl cellulose (CMC).

8. Zat pewangi

Merupakan zat yang ditambahkan pada pada detergent untuk memberikan pengaruh bau yang harum.

9. Zat anti bakteri

Untuk membunuh bakteri atau kuman yang berada dalam pakaian, sehingga pakaian tidak berbau apek bila disimpan dalam waktu yang lama. Contohnya TCC dan irgasan.

2. Pembuatan Detergent

Pada proses pembuatan detergent terdapat tiga proses utama, yaitu :

1. Alkylasi
2. Sulfonasi
3. Netralisasi

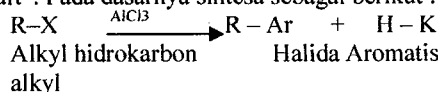
(Fessenden dan Fessenden, 1990)

A. Alkylasi

Pada proses alkylasi terjadi kondensasi gugus alkyl dengan gugus benzene. Pada

pembuatan aryl sulfonat, tingkat proses alkylasi ini boleh dikatakan sebagai proses yang paling penting. Sebab alkylasi ini sangat menentukan alkyl aril sulfonatnya.

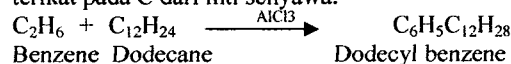
Proses alkylasi suatu senyawa aromatik, mula – mula dikenal sebagai sintesa “friedel craft”. Pada dasarnya sintesa sebagai berikut :



Sebagai ganti alkyl halide dapat juga dipakai sumber – sumber antara lain : olefin, ether, dialkyl sulfat, dialkyl sulfonat dan sebagainya. Sebagai katalisator AlCl_3 .

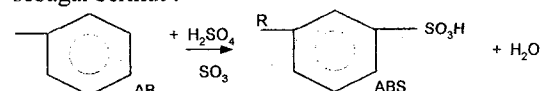
Dapat juga dipakai katalisatorlainnya, seperti : HCl , H_2SO_4 , HF , BF_3 , H_3PO_4 , P_2O_5 , logam, Zn , Fe^{3+} , Sn^{2+} , Sb^{3+} .

Alkyl aromatik yang menjadi tujuan disini adalah alkylat. Dimana gugus alkyl langsung terikat pada C dari inti senyawa.



B. Sulfonasi

Merupakan reaksi pembuatan alkyl benzene. Pada proses ini terjadi proses substitusi gugus asam sulfonat (SO_2OH) kedalam alkyl benzene sulfonat. Reaksi sulfonasi dapat ditulis sebagai berikut :

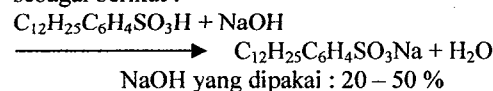


Sebagai bahan sulfonat dapat juga dipakai H_2SO_4 pekat (98%), H_2SO_4 (100%) atau SO_3 cair.

Sifat detergent yang baik didapat dari kekuatan yang seimbang dari kedua sifat tersebut diatas. Proses sulfonasi lebih disukai memakai oleum 20%, yang dikerjakan dengan 1,25 berat ratio dari oleum terhadap hidrokarbon pada 77°F.

C. Netralisasi

Pada proses ini yang merupakan kelanjutan dari proses sulfonasi dengan reaksi sebagai berikut :



3. Dampak detergent terhadap lingkungan

Bahan buangan berupa detergent didalam air lingkungan akan mengganggu, karena alasan sebagai berikut :

1. Detergent yang menggunakan bahan non fosfat akan menaikkan pH sampai dengan 10,5 – 11.
2. Bahan antiseptik yang ditambahkan kedalam detergent akan mengganggu kehidupan mikroorganisme didalam air bahkan dapat mematikan.
3. Ada sebagian bahan detergent yang tidak dapat dipecah / didegradasi oleh

mikroorganisme yang ada didalam air, sehingga merugikan.

(Wardhana, 1995)

4. Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2)

1. Merupakan senyawa putih dan umum dijumpai di masyarakat sebagai kapur mati.
2. Merupakan senyawa yang tidak mudah larut dalam air, sehingga pelarutannya membutuhkan bantuan pengadukan atau pemanasan.
3. Dapat dibuat dengan menambahkan air pada kalsium oksida.
4. Digunakan sebagai alkali yang murah untuk menetralkan tanah asam, digunakan dalam industri mortal, air kapur dan kaca.

LANDASAN TEORI

1. Surfaktan

Surfactan (Surface Active Agent) merupakan zat seperti detergent yang ditambahkan untuk meningkatkan sifat penyebaran atau pembasahan dengan menurunkan tegangan permukaan.

Pada dasarnya surfaktan adalah suatu senyawa organik yang mengandung dua bagian, yaitu : hidrofobik dan hidrofilik.

Surfaktan memiliki berbagai macam struktur kimia yang berbeda dan dapat diklasifikasikan menurut sifat – sifat dasar dari bagian hidrofiliknya (Cullum, 1994), yaitu :

1. Surfaktan Anionik

Surfaktan jenis ini bagian hidrofiliknya mempunyai muatan negatif dan umumnya merupakan grup sulfat ($-\text{O-SO}_3^-$) dan grup sulfonat ($-\text{SO}_3^-$).

Contoh : deodecyl benzene sulfonat, linier sodium alkyl benzene dan linier alkyl sulfat.

2. Surfaktan Kationik

Surfaktan jenis ini bagian hidrofiliknya mempunyai muatan positif dan umumnya merupakan senyawa ammonium.

Contoh : trimethyl ammonium kloride dan $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_3$

3. Surfaktan Nonionik

Surfaktan jenis ini bagian hidrofiliknya tidak bermuatan dan biasanya berasal dari turunan struktur polihidroksi atau polietoksi.

Contoh : ethoksilat fatty alcohol dan ethoksilat dialkanolamides.

4. Surfaktan Amphoteric atau Zwitterionic

Surfaktan jenis ini bagian hidrofiliknya bermuatan positif dan negatif. Jenis ini tidak komersial. Contoh : alkyl amino propionat dan alkyl dimethyl betaines.

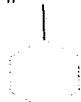
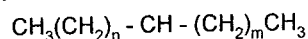
Sedangkan menurut Clint (1992), berdasarkan sifat dasar bagian hidrofobiknya surfaktan terdiri dari :

1. Alkyl

Mempunyai struktur : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n-$

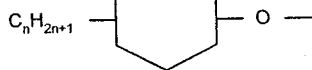
2. Linier alkyl benzene

Mempunyai struktur :



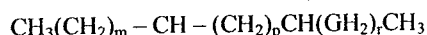
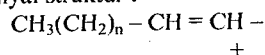
3. Alkylaryl (Alkyl Phenol)

Mempunyai struktur :



4. α - Olefin

mempunyai struktur :

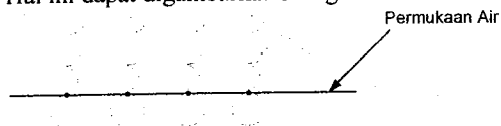


5. Poly (Propylene Oxide)

Mempunyai struktur : $-\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{O}]_n-$

Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan air dengan mematahkan ikatan - ikatan hydrogen pada permukaan.

Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut :

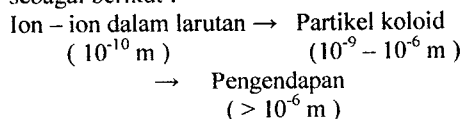


(Fessenden dan Fessenden, 1990)

2. Proses Pembentukan Endapan

Underwood dan Day (1986) menyatakan bahwa tetapan kesetimbangan yang menyatakan kelarutan suatu endapan dalam air adalah tetapan hasil kali kelarutan. Sebuah partikel (bulat) haruslah berdiameter lebih besar dari 10^{-6} m agar mengendap didalam larutan sebagai suatu endapan. selama proses pertumbuhan, partikel itu melewati jangkauan koloid. Partikel dengan diameter sekitar 10^{-6} m sampai 10^{-9} disebut sebagai koloid.

Proses pengendapan itu dinyatakan sebagai berikut :



Partikel - partikel koloidal mempunyai muatan listrik dan bertahan untuk tidak membentuk partikel yang lebih besar yang akan mengendap dari dalam larutan. Muatan listrik itu disebabkan oleh terabsorbsinya ion - ion pada permukaan partikel. (Underwood dan Day, 1986)

3. Faktor - faktor yang Mempengaruhi Endapan

Faktor - faktor penting yang mempengaruhi kelarutan zat padat kristalin

menurut Underwood dan Day (1986) adalah sebagai berikut :

a. Temperatur

Kebanyakan garam kelarutannya meningkat bila temperaturnya dinaikkan.

b. Pengaruh ion sekutu

Suatu endapan umumnya lebih dapat larut dalam air murni daripada dalam suatu larutan yang mengandung salah satu ion endapan.

c. Pengaruh aktifitas

Banyak endapan menunjukkan kelarutan yang meningkat dalam larutan yang mengandung ion - ion yang tidak bereaksi secara kimi dengan ion - ion endapan. Keefektifan ion - ion dalam memelihara kondisi kesetimbangan dengan demikian berkurang dan endapan tambahan harus melarut untuk mengembalikan aktifitas ini. Semakin kecil koefisien aktifitas ion, semakin besar hasil kali konsentrasi molar ion - ion pembentuknya. Koefisien aktifitas ion bivalen lebih kecil daripada koefisien aktifitas ion univalen.

d. Pengaruh pH

Kelarutan garam dari asam lemah bergantung pada pH larutan.

e. Pengaruh kompleks

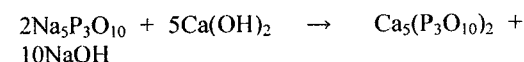
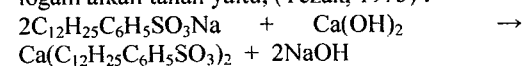
Kelarutan garam yang sedikit sekali dapat larut juga bergantung pada konsentrasi zat - zat yang membentuk kompleks dengan kation garam itu.

4. Reaksi Kimia

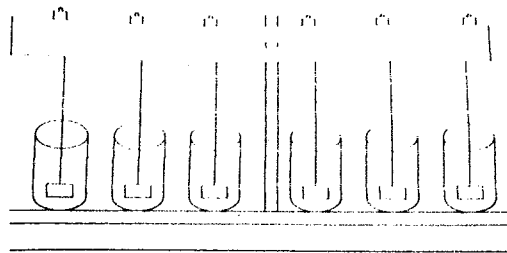
Detergent yang paling banyak digunakan di Indonesia dengan penyusun utamanya adalah seyawa Deodecyl Benzene Sulfonat (DBS) dalam bentuk Natrium Deodecyl Benzene Sulfonat (NaDBS) dan Natrium Tri Polyposphat (STTP), yang tidak bisa terurai secara alamiah dalam air atau non bio degradable, sehingga akan mencemari lingkungan perairan.

Senyawa NaDBS dan STTP dapat membentuk endapan dengan logam - logam alkali tanah dan logam - logam transisi. Salah satu cara ialah dengan reaksi kimia dan hasilnya diendapkan.

Reaksi antara NaDBS dan STTP dengan logam alkali tanah yaitu, (Tezak, 1975) :



METODE



Gambar 3.3 Seperangkat alat jar test

1. Peubah yang Dipergunakan

1.1 Peubah Yang Ditetapkan

1. Kecepatan Pengadukan : 80 rpm
2. Volume Sampel : 500 ml

1.2 Peubah Yang Dijalankan

1. Waktu Pengadukan : 15, 30, 45, 60, 75 menit
2. Berat CaO : 3, 6, 9, 12, 15 gr

2. Prosedur Penelitian

2.1 Persiapan

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Membuat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yaitu dengan menambahkan H_2O pada CaO sesuai dengan peubah yang telah ditetapkan.

2.2 Prosedur Percobaan

1. Melakukan pemeriksaan awal terhadap parameter pH, suhu, konsentrasi detergent.
2. Masukkan sampel kedalam masing – masing beaker glass sebanyak 500 ml.
3. Masukkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang telah dibuat pada masing – masing beaker glass.
4. Melakukan pengadukan dengan jar test dengan kecepatan 80 rpm selama waktu yang telah ditentukan.
5. Menghentikan pengadukan lalu masukkan larutan ke dalam kerucut inhoff untuk menghitung jumlah endapan.
6. Melakukan pemeriksaan akhir terhadap parameter pH, suhu, jumlah endapan, dan konsentrasi detergent.

3. Metode Analisa

3.1 Pengukuran pH

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan pH meter.

3.2 Pengukuran Suhu

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suhu dengan menggunakan termometer.

3.3 Pengukuran jumlah endapan

Isi kerucut inhoff dengan sampel air yang telah diaduk sebanyak 500 ml dan endapkan selama 60 menit. Catat tinggi endapan yang terbaca pada skala kerucut inhoff.

3.3.1 Analisa Konsentrasi Detergent

1. Pembuatan Kurva Standart

- a. Membuat larutan DBS dengan konsentrasi 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; dan 6 ppm.
- b. Mengambil masing – masing larutan sebanyak 10 ml lalu menambahkan 0,5 ml reagen methylene blue dan 5 ml kloroform kocok hingga terbentuk 2 lapisan
- c. Mengambil lapisan bawah lalu masukkan dalam tabung pemusing. Kemudian masukkan ke dalam centrifuge dan putar dengan kecepatan 1500 rpm selama 3 menit.
- d. Hitung absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer.

2. Analisa Konsentrasi Detergent Pada Sampel

- a. Mengambil 1 ml sampel diencerkan sampai 50 ml dgn aquadest
- b. Mengambil 10 ml sampel yang telah diencerkan pada masing – masing beker glass lalu menambahkan 0,5 ml reagen methylen blue dan 5 ml kloroform, kocok hingga terbentuk 2 lapisan
- c. Mengambil lapisan bawah dan masukkan ke dalam cetrifuge dan putar dengan kecepatan 1500 rpm selama 3 menit
- d. Hitung absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer
- e. Hitung konsentrasinya dengan menggunakan kurva standart.

4. Metode Perhitungan

Menghitung Prosentase Penurunan Konsentrasi Detergent

$$C = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) \times 100 \%$$

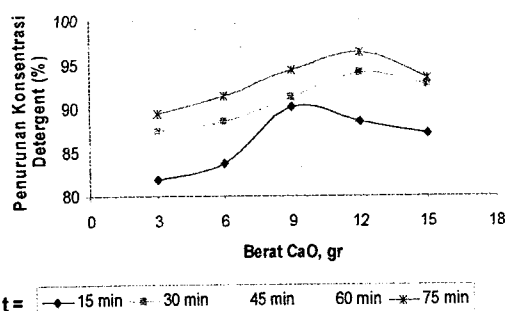
Dimana :

C = Prosentase penurunan konsentrasi detergent

C_0 = Konsentrasi detergent awal (ppm)

C_1 = Konsentrasi detergent akhir (ppm)

HASIL dan PEMBAHASAN

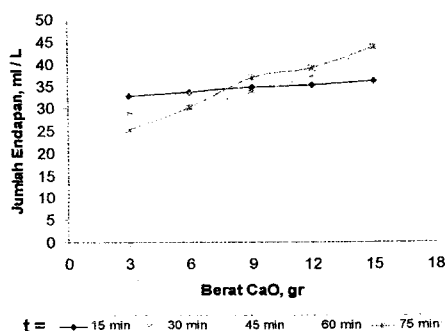


Grafik 1. Hubungan antara berat CaO terhadap % penurunan konsentrasi detergent pada semua waktu

Dari grafik terlihat bahwa semua sampel mengalami penurunan konsentrasi detergent setelah penambahan Ca(OH)_2 . Namun, setelah mencapai titik optimum % penurunan detergent semakin menurun.

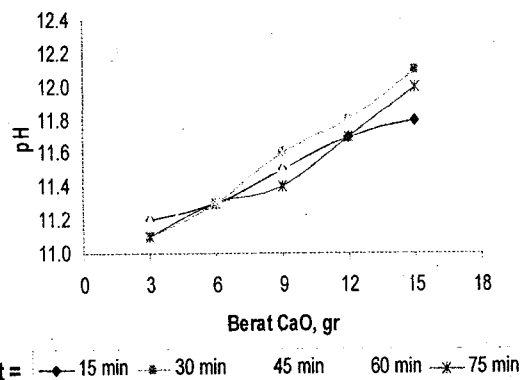
Grafik 2. Hubungan antara berat CaO terhadap pH

Dari grafik terlihat bahwa adanya kecenderungan peningkatan pH terhadap penambahan CaO. Ini menyebabkan campuran semakin bersifat basa.



Grafik 3. Hubungan antara berat CaO dengan jumlah pada semua waktu

Dari grafik terlihat bahwa jumlah endapan yang dihasilkan sebagai hasil dari reaksi pengendapan antara NaDBS dengan Ca(OH)_2



cenderung semakin meningkat sebanding dengan penambahan Ca(OH)_2 .

Pembahasan

1. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa semua sampel yang ditambahkan dengan Ca(OH)_2 mengalami penurunan konsentrasi detergent. Hal ini disebabkan karena senyawa yang ada dalam detergent khususnya ion DBS^- berikatan dengan ion logam Ca^+ membentuk endapan garam. Senyawa ion DBS^- ini berperan sebagai pengendap organik yang mengikat ion logam. Akan tetapi penambahan Ca(OH)_2 yang berlebihan akan menyebabkan hasil penurunan konsentrasi detergent menjadi kurang baik. Hal ini disebabkan karena penambahan Ca(OH)_2 yang berlebihan akan meningkatkan jumlah ion sekutu (Ca^{2+}) dalam larutan.
2. Penambahan Ca(OH)_2 dalam sampel menyebabkan pH larutan cenderung semakin basa. Hal ini disebabkan karena banyak ion OH^- yang terlepas dalam larutan akibat penambahan Ca(OH)_2 .
3. Sama halnya dengan pH, jumlah endapan yang dihasilkan memiliki kecenderungan yang semakin meningkat dengan penambahan Ca(OH)_2 . Hal ini disebabkan karena semakin banyak Ca(OH)_2 yang ditambahkan maka semakin banyak endapan yang dihasilkan.
4. Tidak terjadi perubahan suhu pada saat penambahan Ca(OH)_2 . Hal ini disebabkan karena reaksi eksotermis telah terjadi pada saat pembuatan Ca(OH)_2 sehingga pada saat penambahan Ca(OH)_2 pada sampel tidak terjadi reaksi eksotermis lagi.

KESIMPULAN

1. Kalsium Hidroksida Ca(OH)_2 mempunyai kemampuan yang baik untuk menurunkan konsentrasi detergent yang relatif tinggi dengan prosentase penurunan mencapai 81,92 % sampai dengan 98,03 %.
2. Kondisi optimum penurunan konsentrasi detergent ini adalah pada saat pengadukan dengan putaran 80 rpm selama 45 menit dengan penambahan Ca(OH)_2 yang dibuat dari CaO sebanyak 12 gr, yaitu sebesar 98,03 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Clint, John.H., 1992, *Surfactan Aggregation*, Blackie & Sons Ltd, London.
- Cullum, D.C., 1994, *Introduction To Surfactant Analysis*, Blackie Academic & Professional, London.
- Day, R.A.Jr. dan A.L. Underwood, 1986, *Analisa Kimia Kuantitatif*, Edisi ke 5, Erlangga, Jakarta.
- Daintith, J., 1997, *Kamus Lengkap Kimia, Edisi Baru*, Erlangga, Jakarta.
- Degremont, 1979, *Water Treatment Handbook*, A Halstead Press Book, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Davidsohn, A. dan Milwidsky, B.M., 1978, *Synthetic Detergent, 6th Edition*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Dhingra, K.C. dan R.A. Malik, 1975, *Acid, Slurry And Detergent Powder Industry*, Small Indutry Research Institute, New Delhi.
- Fessenden, R. dan J.S. Fessenden, 1990, *Kimia Organik, Edisi Ke Tiga, Jilid Ke Dua*, Erlangga, Jakarta.
- Kirk, R.E., and D.F. Othmer, 1982, *Encyclopedia Of Chemical Technology*, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Respati, 1980, *Pengantar Kimia Organik, Jilid Ke Dua*, Aksara Baru, Jakarta.
- Susanto, A. dan J.B. Widiadi, 2001, Studi Penurunan Konsentrasi Surfaktan Dengan Metode Pengendapan Menggunakan Ca(OH)_2 , Jurnal Purifikasi, 2 (4).
- Wardhana, W.A., 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta